

Санкт-Петербургский государственный университет
Научно-исследовательский институт менеджмента

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов
**Экономико-статистический
анализ результатов
инновационной деятельности в
промышленности
Санкт-Петербурга**

№ 16(R)–2006

Санкт-Петербург

2006

А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов. Экономико-статистический анализ результатов инновационной деятельности в промышленности Санкт-Петербурга. Научные доклады № 16(R)–2006. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006.

Доклад посвящен инновационной деятельности, анализируемой с точки зрения ее результатов, проявляющихся на макроэкономическом уровне. Рассмотрены различные аспекты инновационных процессов, определяющие значимость технологических нововведений как ресурса развития национальной экономики. Особое внимание уделено вопросам экономико-статистического моделирования воздействия макроэкономических показателей, характеризующих связанные с инновационным процессом затраты, на макроэкономические показатели эффективности производства: валовый объем выпуска продукции, добавленную стоимость, производительность труда. Эмпирическая часть исследования выполнена на основе данных о деятельности промышленности Санкт-Петербурга в 1995-2004 гг. На основе сформированной статистической базы были построены альтернативные по виду и набору аргументов макроэкономические производственные функции. С помощью сконструированных зависимостей, имевших наилучшие статистические характеристики и признанных адекватными с содержательной точки зрения, были определены соответствующие оценки влияния показателей инновационных затрат на объем промышленного производства, добавленной стоимости и производительности труда в промышленности Санкт-Петербурга.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ «Статистические методы анализа в промышленности Санкт-Петербурга», проект №06-02-00345а

Румянцев Алексей Александрович — д.э.н., профессор, главный научный сотрудник Института проблем региональной экономики РАН.
e-mail: churila@yandex.ru

Федотов Юрий Васильевич — к.э.н., доцент, зав. кафедрой государственного и муниципального управления факультета менеджмента СПбГУ.
e-mail: fedotov@som.spbpu.ru

© А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов, 2006

Saint Petersburg State University
Institute of Management

DISCUSSION PAPER

Alexei Rumyantsev, Yuri Fedotov
**Innovation Activity in Industrial
Sector of St. Petersburg Economy:
Econometric Analysis of
Generated Effects**

16(R)–2006

Saint Petersburg
2006

Alexei Rumyantcev, Yuri Fedotov. Innovation Activity in Industrial Sector of St. Petersburg Economy: Econometric Analysis of Generated Effects. Discussion Paper #16(R)–2006. Institute of Management, Saint Petersburg State University: St. Petersburg, 2006.

The paper is devoted to macroeconomic analysis of innovation activity. Being generated by national innovation system the innovation process is examined as a factor of economic development. Special emphasis is on econometric modeling of the impact the macroeconomic indicators of innovation process produce for economic development in terms of total industrial output, value added and labor productivity. The data on industrial sector of St. Petersburg economy (1995–2004) is utilized for empirical part of the study. Alternative macroeconomic models (production functions) were estimated and tested. Assessment of the impact on total industrial output, value added and labor productivity provided by “innovation factor” variables has been completed on the basis of the most “plausible” (in statistical and economic sense) empirical models.

Rumyantcev A — Professor, Senior Researcher at the Institute of Regional Economic Problems, Russian Academy of Sciences
e-mail: churila@yandex.ru

Fedotov Y. —Associate Professor, Department of Public Administration, School of Management, Saint Petersburg State University
e-mail: fedotov@som.pu.ru

© A. Rumyantcev, Y. Fedotov, 2006

Содержание

Содержание	5
Введение	6
Национальная инновационная система как фактор устойчивого экономического развития	7
Макроэкономическое моделирование эффектов инновационной деятельности	11
Учет инновационной деятельности в макроэкономической производственной функции	14
Моделирование инновационной деятельности в промышленности Санкт-Петербурга	21
Результаты расчетов и выводы	25
Модели объема промышленной продукции	27
Модели объема добавленной стоимости.....	29
Модели производительности труда.....	31
Приложение	33
Литература	35

Введение

Современная структура экономики развитых стран сложилась под влиянием процессов, порожденных развернувшейся в конце 70-х—начале 80-х годов двадцатого столетия второй волны научно-технической революции. Произошедшие изменения в развитии производительных сил приобрели на сегодняшний день глобальный характер, ознаменовав переход от «экономики материальных благ» к «экономике, основанной на знаниях» или так называемой «интеллектуальной» экономике. Научные исследования и разработки, порождаемые ими технологические и продуктовые инновации превратились в важнейший фактор промышленного и экономического развития стран. Не менее существенно их значение и как источника все более актуальной в эпоху глобализации торговли высокотехнологичной продукцией. Создание, накопление и распространение знания все в большей мере проявляют себя как фундаментальные факторы, имеющие первостепенное значение в деле обеспечения долгосрочного устойчивого развития компаний, отраслей и национальных экономик в целом [Нонака, Такеучи, 2003; Макаров, Варшавский, Львов, 2004; Antonelli, De Liso N, 1997; Rosefielde, 1998].

Современные теории, равно как и практика управления, безоговорочно признают ключевыми источниками экономического роста прогресс в знаниях и способность национальных хозяйств эффективно использовать достижения науки и технологии для решения актуальных задач развития страны и достижения поставленных целей. Поэтому неудивительно столь огромное внимание, проявляемое на протяжении последних десятилетий учеными, политиками и представителями бизнеса к вопросам создания и распространения технологических и продуктовых инноваций [О стратегии развития, 2005; Конкурентоспособность и..., 2004; Варшавский, 2000; Afuah, 2003; Edquist, 1997; Sutton, 1999]. Представляя собой материализованное знание, они существенно определяют как уровень промышленного развития стран, так и их потенциал в торговле высокотехнологичной продукцией, которая становится все более значимой (экономически и политически) в эпоху глобализации. Создание так называемых продвинутого и инновационного знания [Бондаренко, 2003]¹, его распро-

¹ Знание, как производственный фактор или ресурс, с точки зрения потребителя - хозяйствующего в рыночной среде субъекта (для определенности будем полагать фирмы) можно классифицировать на следующие три типа. Первый — это основное знание, представляющее базовый уровень знаний, требующийся для начала производственной деятельности в той или иной профессиональной сфере в соответствии с установленными стандартами качества создаваемых про-

странение и внедрение в хозяйственную практику все в большей мере признаются фундаментальными факторами устойчивого развития национальных экономик в долгосрочной перспективе.

Национальная инновационная система как фактор устойчивого экономического развития

Начиная с 70-х годов XX века при исследовании проблем экономического роста, обусловленного техническим прогрессом, все большее внимание уделяется существующим в разных странах инновационным системам². Инновационная система в самом общем понимании может быть описана как совокупность находящихся в определенном взаимодействии структур двух типов. Первые представляют участников процессов создания (генерации) продвинутых и инновационных знаний (университеты, академические и отраслевые научно-исследовательские институты и лаборатории, научно-исследовательские подразделения компаний и т.п.), вторые — потребителей этих знаний, то есть фирмы, которые используют их в своей хозяйственной практике. Соответственно, в рамках инновационной системы национальной экономики целесообразно различать две тесно взаимосвязанные, но при этом относительно обособленные компоненты. Первая представляет собой подсистему по «генерации знаний», результатом ее деятельности являются новые научные, при-

дуктов или оказываемых услуг. Данный тип знаний, очевидно, выполняет роль «входного» барьера, который необходимо преодолеть впервые появляющимся в отрасли (на рынке) фирмам. Будучи базовым, этот уровень знаний предполагается у всех участников рассматриваемой отрасли (рынка), и потому в общем случае он не дает фирме-обладателю каких-либо серьезных конкурентных преимуществ. Второй тип — это так называемое продвинутое знание. Оно обеспечивает фирме конкурентные преимущества в сравнении с остальными участниками данного сектора рынка. Источниками получения выгод для обладателя данного уровня знаний являются использование более эффективных (в сравнении с конкурентами) технологических способов производства стандартной продукции, обеспечение высокого качества изготавливаемых продуктов, дифференциация предлагаемых товаров (работ, услуг) и т.п. И третий тип — это инновационное знание. Оно позволяет фирме не только применять принципиально новые технологии производства существующих видов продукции, изготавливать ранее не выпускавшиеся продукты, но и что особенно важно с точки зрения конкурентной борьбы, оказывать существенное влияние на структуру рассматриваемого рынка, изменять правила игры на нем и, как следствие, соотношение сил среди участников.

² Понятие инновационной системы было введено Б.А. Лундваллем в 1985 году [Lundvall, 1985]. Затем в 1988 году С.Фриман, исследуя успешное развитие японской экономики, ввел в оборот термин национальная инновационная система [Freeman, 1988].

кладные и опытно-конструкторские разработки, а также создаваемые на их основе новые производственные технологии и продукты. Вторая компонента — подсистема внедрения и использования технологических новшеств в хозяйственной деятельности. В ее рамках создаются стимулы и условия к использованию хозяйствующими субъектами экономически эффективных технологических новшеств. Происходящая здесь деятельность может рассматриваться как потребление продуктов, созданных в сфере инновационной деятельности. Относительная независимость «производства» новшеств и их потребления проявляется в том, что далеко не все, созданные в сфере «генерации знаний» продукты, находят свое применение на практике. Учитывая затратный характер «производства» и «потребления» нововведений, в технологическом обновлении экономики все более актуальной становится проблема создания эффективных механизмов управления и координации данными процессами в рамках национальных инновационных систем.

Современная теория экономического роста признает технологическое знание в качестве основного источника повышения производительности и экономической эффективности экономики. Доминирующая последние два десятилетия теория эндогенного роста, не только признает важность технологических знаний для экономического роста, но и рассматривает затраты на их разработку в качестве коммерчески ориентированных вложений в создание инноваций, полагая, что создание и накопление знаний приводит к возрастающей отдаче от масштаба такого важнейшего для современной экономики фактора производства как основной капитал [Матвиенко, Гуревич, 2000; Romer, 1986; Lucas, 1988].

Другая важная особенность эндогенно формируемого знания заключается в том, что оно представляет собой неконкурентное и не полностью исключаемое из потребления благо. Благодаря этим свойствам оно порождает ряд важных внешних эффектов. Так в ряде исследований доказывалось, что новое технологическое знание, будучи дорогостоящим в создании, не требует значительных расходов при использовании, что подчеркивает его способность влиять на такую характеристику производственной деятельности как отдача от масштаба. Кроме того, указывается на еще одно обстоятельство, относящееся к эффективности нового технологического знания, а именно: его ценность тем выше, чем шире рынок его потенциального применения. [Romer, 1993, 1997].

Существенным моментом инновационной деятельности на макроэкономическом уровне оказывается то, что знание, как продукт человеческой деятельности, представляет собой общественное благо.

Поэтому, частные производители не могут в полной мере присвоить его посредством рыночных трансакций. Соответственно, частные фирмы обнаруживают тенденцию к инвестированию в создание знаний ресурсов в объемах, меньших полностью (общественно) необходимых, что, в конечном счете ведет к необходимости участия государства в восполнении недостатка инвестиций.

Другой важный вывод, который приводят в своих работах П.Ромер и Р.Лукас [Lucas,1988; Romer,1986] по теории стимулируемого эндогенного роста, состоит в том, что повышение качества трудовых и материальных ресурсов представляет собой необходимое условие стабильного экономического роста и возрастания уровня среднедушевого дохода. Поэтому активно проводимая государством политика, направленная на развитие технологий, обеспечивающих повышение качества человеческих и материальных ресурсов производства, несет в себе возможности обеспечения не только устойчивого роста доходности затрат капитала, но и улучшения показателей долгосрочного экономического роста [Verspagen,1992].

Основные выводы приведенных выше теоретических положений весьма красноречиво подтверждаются данными международной статистики. В частности, в [Lakhwinder, 2006] отмечаются сохраняющиеся с конца XX века высокие темпы роста расходов на создание знаний в странах с крупнейшими экономиками. Показательно, что для стран, входящих в ОЭСР, в 2000 году инвестиции в сферу исследований и разработок составляли 4.7% их среднего ВВП. При этом в экономиках, в большей мере основанных на знаниях, эта цифра находилась в диапазоне от 5,2 до 6,5% от ВВП. В мировой экономике исчисленные по покупательной способности суммарные расходы на НИОКР возросли с 409,8 млрд долл. в 1990 г. до 755,1 млрд долл. в 1999-2000г. При этом промышленно развитые страны в 1990 году потратили на исследования и разработки 367,9 млрд долл., что составляло 90% мировых расходов на НИОКР. К 1999–2000 гг. их расходы на НИОКР возросли до 596,7 млрд долл., однако их доля в суммарных расходах на НИОКР упала до 79%. Приведенные данные свидетельствует о том, что развивающиеся страны и страны с переходной экономикой в своем развитии все более ориентируются на высокотехнологичное производство.

Рост инвестиций, направляемых на научные исследования, разработку и внедрение технологических инноваций, представляет собой четко прослеживающуюся особенность современного этапа развития как промышленно-развитых стран, так и многих стран азиатского континента. Реализация стратегических целей развития российской экономики, выход страны на лидирующие позиции в мировой эконо-

мике и политике невозможны без ускоренной модернизации технологической базы производства. В связи с этим организационно-экономические аспекты инновационной деятельности приобретают особое значение. Однако, в настоящее время в российской экономике положение дел в данной области далеко от благополучного. В частности, на заседании Правительства Российской Федерации 15 декабря 2005 г., рассматривавшем вопрос «О стратегии развития Российской Федерации в области развития науки и инноваций до 2010 года» отмечалось, что для современного этапа развития российской экономики характерно несоответствие отечественного сектора исследований и разработок «потребностям системы обеспечения национальной безопасности и растущему спросу со стороны ряда сегментов предпринимательского сектора на передовые технологии». Там же указывалось на то, что «предлагаемые российским сектором исследований и разработок отдельные научные результаты мирового уровня не находят применения в российской экономике ввиду несбалансированности национальной инновационной системы, а также вследствие общей низкой восприимчивости к инновациям российского предпринимательского сектора» [О стратегии развития..., 2005].

Аналогичные, по сути, выводы содержатся и в совместном докладе Всемирного банка и Высшей школы экономики “Конкурентоспособность предприятий и оценка инвестклимата в России”. При его подготовке был проведен опрос руководителей 1002 предприятий обрабатывающей промышленности в 49 регионах страны. Авторы отмечают, что в России новые технологические разработки не находят должного применения и это при том, что в сфере фундаментальной науки и НИОКР задействованы значительные финансовые и человеческие ресурсы. Так, по числу исследователей на 1000 человек населения Россия не уступает Германии и Корее, а в Бразилии, Индии и Китае этот показатель меньше как минимум в пять раз. Траты на НИОКР в нашей стране составляют 1,2% ВВП, что ощутимо больше, чем в Бразилии (0,93% ВВП) и Индии (0,78%). Следует однако отметить, что в России финансирование этих расходов в основном лежит на плечах государства: за счет средств бюджета покрывается 61% затрат, тогда как в странах ОЭСР государственные средства составляют не более 30% общих трат [Петрачкова, Беккер, 2006].

Одобренная Правительством стратегия развития РФ в области развития науки и инноваций до 2010 года в качестве важнейшей задачи выделяет создание эффективной национальной инновационной системы, способной обеспечить модернизацию экономики на основе технологических инноваций. В связи с этим в настоящее время интенсивно ведутся исследования в области модернизации экономики

России, регулярно проводятся международные научные конференции по данной проблематике. Основной акцент в научных проектах по инновационной тематике делается на организационно-экономических проблемах построения и функционирования подсистем «генерации» и «потребления» знаний. Вместе с тем вопросам оценки результативности осуществляемой в стране инновационной деятельности уделяется явно недостаточное внимание. В этом смысле весьма показательны, например, ежегодно проводимые в Государственном университете – Высшей школе экономики конференции по проблемам модернизации отечественной экономики. В частности, в программе выступлений V Международной научной конференции «Конкурентоспособность и модернизация экономики», проведенной ГУ-ВШЭ при поддержке Всемирного банка, Международного валютного фонда и Фонда Бюро экономического анализа в 2004 году, значился всего лишь один доклад, в котором рассматривались вопросы оценки инновационной деятельности российских фирм [Козлов, Соколов, Юдаева, 2004].

Макроэкономическое моделирование эффектов инновационной деятельности

Оценка результативности инновационной деятельности на уровне макроэкономических систем (экономики страны, субъекта федерации, отрасли и т.п.) необходима как при формировании программ их долгосрочного развития, так и при обосновании мер текущей экономической политики. Однако, проведенный анализ стратегических планов, программ социально-экономического развития регионов (субъектов Федерации) показал, что в соответствующих документах практически отсутствуют показатели о вкладе инновационной деятельности в экономический рост региона.

Отсутствие научных положений по оценке вклада инновационной деятельности в экономическое развитие региона является существенным пробелом в региональной экономике как отрасли знаний. Независимость, а вернее сказать, несогласованность друг с другом оценок параметров экономического и инновационного развития в регионе не позволяет выявить роль последнего в решении экономических проблем. В таких условиях практически невозможно формирование эффективной инновационной политики в регионе, а также оказывается крайне затруднительным обоснование решений, определяющих объемы выделяемых на поддержку и развитие инновационной системы финансовых и материальных ресурсов. Сложившееся на сегодняшний день положение вещей в значительной мере сопряжено с двумя взаимосвязанными обстоятельствами. Первое — это наличие разнообразных методологических проблем, связанных с оценкой влияния про-

гресса технологического знания на экономический рост, и обусловленное этим фактом отсутствие в достаточной мере обоснованных, пригодных для практического использования в прогнозировании количественных методов оценки. Второй — отсутствие необходимых статистических данных об инновационной деятельности на уровне региона.

Учет научно-исследовательской и инновационной деятельности в качестве факторов экономического роста особенно важен для индустриально развитых регионов, располагающих значительным научным потенциалом, имеющим не только всероссийское, но и международное значение. К числу таковых несомненно относится Санкт-Петербург. Оценка влияния инновационной деятельности на уровень экономического развития города представляется актуальной задачей как для экономической науки, так и практики.

В настоящей статье в качестве информационной базы исследования связи между показателями уровня экономического развития промышленности как ведущей отрасли города и инновационной деятельности были приняты данные, фиксируемые органами государственной статистики. Задача состояла в том, чтобы на основе эмпирической информации установить наличие взаимосвязи между параметрами инновационной деятельности в Санкт-Петербурге, с одной стороны, и показателями, результирующими промышленную деятельность на уровне города, с другой, а также получить соответствующие количественные оценки.

При исследовании макроэкономических процессов широко используются факторные модели, описывающие изучаемое явление с помощью высоко агрегированных показателей. Эти эмпирические конструкции относятся к классу позитивных и отражают существующие, по мнению исследователя, причинно-следственные связи между объясняемыми (результирующими) показателями, выступающими в роли зависимых переменных, и объясняющими их факторами. Качественно-количественная определенность последних специфицирована различными показателями, которые выступают в модели в роли независимых переменных. Построение соответствующих целям исследования эмпирических зависимостей, как правило, осуществляется эконометрическими методами. В силу этого обстоятельства, получаемые на их основе оценки влияния рассматриваемых факторов (специфицирующих их показателей) носят апостериорный характер и сохраняют свою ценность для принятия решений в текущем периоде и/или планирования на будущее только в том случае, если предполагаемые моделью в качестве «прочих равных» условия остаются неизменными.

Исследование влияния инновационной деятельности на экономический рост макросистемы (народного хозяйства в целом, экономики региона, отрасли и т.п.) осуществляется как с помощью однопродуктовых моделей производственной деятельности (макроэкономические производственные функции) [Гранберг, 1985, с.77–86; Кучин, Якушева, 1990, с.53–95; Chambers, 1988, с.205–213], так и многопродуктовых (модели межотраслевого баланса [Поршнеv, 2006]). Использование многопродуктовых моделей наряду с определением оценок инновационной деятельности в отдельной отрасли позволяет выявить ее влияние на экономику в целом с учетом сложившихся межотраслевых взаимодействий. Однако их построение сопряжено со значительными практическими трудностями в части информационного обеспечения, а также построения сводной оценки обусловленного инновациями технического прогресса.

Поэтому наиболее распространенными описаниями технологии производства, на основе которых осуществляется построение оценок воздействия инновационной деятельности на эффективность (экономический рост) рассматриваемой хозяйственной системы, являются однопродуктовые модели, а именно макроэкономические производственные функции.

Для описания воздействия инновационных процессов на макроэкономическую технологию используется два основных подхода: диффузионный и ресурсный. В рамках первого происходящие в макроэкономической технологии сдвиги моделируются как результат процессов распространения технологических нововведений и, соответственно, характеристики экономического роста оказываются производными от параметров процессов диффузии инноваций [Варшавский, 1984]. Во втором случае инновационная деятельность в экономике рассматривается в качестве самостоятельного фактора (ресурса) производства. Характеризующие ее показатели (прежде всего отражающие специфичные для инновационной деятельности затраты ресурсов) выступают в роли независимых аргументов макроэкономической производственной функции, непосредственно влияющих на результат (используемый показатель выпуска продукции). Однако и в первом, и во втором случаях в основе описания влияния, оказываемого инновационной деятельностью на макроэкономическую эффективность, лежит модель технологии производства рассматриваемой системы. Поэтому при конструировании моделей, в параметрической форме описывающих влияние показателей, которые прямо или косвенно отражают различные аспекты инновационного процесса и его интенсивность, на результат производственной деятельности в макросистеме, необходимо четко сформулировать используемые исследо-

вателем предпосылки о свойствах соответствующей технологии. Это исключительно важно не только для обоснования выбора вида функциональной зависимости результата производственной деятельности макросистемы от объясняющих факторов, но и для последующей оценки адекватности полученных результатов и сравнительного анализа альтернативных моделей.

Учет инновационной деятельности в макроэкономической производственной функции

Наиболее общим математическим представлением технологии производственного процесса является ее описание в виде множества технологических (производственных) возможностей хозяйственной системы (в экономико-математической литературе для краткости называемого технологическим множеством). По своему определению технологическое множество T есть непустое множество точек, называемых *производственными планами*. Производственные планы представляют собой упорядоченные пары (x, y) всевозможных сочетаний векторов затрат факторов $x \in R^{n+}$ и выпусков продукции $y \in R^{m+}$, обладающих свойством реализуемости или, как еще говорят, достижимости. Вектор затрат ресурсов $x = (x_1, \dots, x_n)$ представлен показателями x_i ($i \in 1:n$, где n – общее число анализируемых факторов), которые количественно характеризуют затраты учитываемых в модели факторов производства в одном производственном цикле³. Соответственно, вектор выпуска продукции $y = (y_1, \dots, y_m)$ составлен из объемов продукции y_j ($j \in 1:m$, где m — общее число изготавливаемых продуктов), произведенных в рамках одного цикла производства.. Под реализуемостью (достижимостью) сочетания (x, y) понимается следующее: если хозяйственная система располагает вектором ресурсов x , то в рамках одного производственного цикла она может произвести продукцию в объемах, представленных вектором y . И наоборот, если задан вектор выпуска продукции $y \in R^{m+}$, то хозяйственная система может обеспечить его производство при наличии у нее вектора ресурсов x . Таким образом, технологическое множество является подмножеством множества $R^{(n+m)+}$ $(n+m)$ -мерного евклидова пространства $R^{(n+m)}$. Формальное определение данного множества выглядит следующим образом: $T = \{(x, y) \in R^{(n+m)+} : x \in R^{n+}, y \in R^{m+} \text{ и } (x, y) - \text{реализуемое сочетание векторов}\}$.

³ При этом в наборе (векторе) затрат факторов, относящихся к одному производственному циклу, могут присутствовать переменные из разных периодов наблюдения в связи с тем, что некоторые факторы оказывают влияние на результирующие показатели с определенным лагом.

Производственная функция представляет собой описание в функциональной форме технологического множества (технологии) рассматриваемой хозяйственной системы в ситуации однопродуктового выпуска продукции. Под описывающей технологию производственной функцией $f: R^{n+} \rightarrow R^+$ понимается зависимость $y=f(x)$, которая вектору затрат ресурсов $x=(x_1, \dots, x_n)$ ставит в соответствие объем продукции, являющийся максимальным из числа достижимых для него. Таким образом, технологическое множество имеет вид: $T=\{(x,y) \in R^{(n+1)+}: y \leq f(x)\}$.

Формулировка концепции производственной функции, принимаемой в исследованиях по экономической теории, наиболее четко изложена в работе американского экономиста Р.У. Шефарда. В работе «Теория производственных функций и функций издержек» он, в частности, писал: «Производственная функция выступает в роли математической конструкции, описывающей некоторую с формальной точки зрения хорошо определенную технологию производства. Эта технология состоит из семейства теоретически возможных и практически реализуемых инженерных соединений факторов, которые не обязательно сводятся к конкретным, обнаруживающимся в действительности комбинациям, и оно (семейство) может отражать исторические изменения в применении технологии. Будучи однажды определенной, технология подразумевает некоторый конкретный набор требуемых факторов производства. На эти факторы не накладывается никаких ограничений ни в плане их типа, ни в плане их доступности для хозяйственной системы. Таким образом, производственная функция будет использоваться для описания ничем не ограниченных инженерных возможностей технологии, без какой-либо привязки последних к существующей или однажды существовавшей производственной единице» [Shephard, 1974, с.4].

Будучи моделью технологии производственного процесса, функция $y=f(x)$ устанавливает количественную взаимосвязь между некоторым показателем (скаляр y) выпуска продукции, с одной стороны, и факторами производства, представленными определенной системой натуральных и технико-экономических показателей $x=(x_1, \dots, x_n)$, - с другой. Отличительной чертой этой зависимости является то, что на выбранном уровне детализации переменных (факторов производства и выпуска продукции) она содержит всю информацию о технологическом множестве моделируемой производственной системы. Как и для всякой модели, для производственной функции вводится некоторый набор предпосылок. Они должны отражать сущностные черты моделируемого объекта, значимые с точки зрения целей проводимого исследования, и задавать математические свойства функции, необходи-

мые для применения соответствующей конструкции в прикладных и теоретических исследованиях.

В неоклассической экономической теории, в рамках которой собственно возникла и в основном развивалась теория производственных функций, производственные системы как микро-, так и макроуровня рассматриваются как простые преобразователи ограниченных ресурсов в продукцию. В силу этого обстоятельства описываемая технология считается элементарной (атомарной) единицей, внутренняя структура которой неизвестна. Соответственно, предположения об исследуемой технологии постулируются непосредственно в терминах свойств описывающей ее производственной функции. Относительно полным является следующий набор предположений относительно свойств производственной функции $y=f(x_1, \dots, x_n)$, определяющих так называемый класс неоклассических зависимостей [Chambers, 1988, с.9]:

- А1. Монотонность по факторам производства;
- А2. Выпуклость технологии или вогнутость производственной функции;
- А3. Существенность затрат факторов производства;
- А4. Ограниченность производственных возможностей – ограниченность выпуска продукции при конечности вектора затрат факторов производства;
- А5. Неотрицательность значений зависимости $f(x)$ на множестве всех неотрицательных и конечнозначных векторов затрат факторов x ;
- А6. Непрерывность технологии – гладкость производственной функции, предполагающая либо непрерывность $f(x)$, либо непрерывную дифференцируемость второго порядка на всей области ее определения.

Не останавливаясь на содержательных интерпретациях всех указанных свойств производственной функции, обратим особое внимание на предположение А3, которое имеет самое непосредственное отношение к моделированию воздействия, оказываемого инновационным процессом на производственную эффективность экономики. В слабой форме А3 подразумевает отсутствие даровых сил в природе, обеспечивающих полностью беззатратное производство благ, то есть $f(\mathbf{0}_n)=0$, где $\mathbf{0}_n$ — n -мерный нулевой вектор, $\mathbf{0}_n \in R^{n+}$. Однако при этом одновременно допускается возможность получения положительных объемов выпуска продукции при нулевых затратах некоторых из факторов (возможно, даже и нескольких).

В случае же принятия предпосылки существенности факторов в сильной формулировке подобное невозможно. Подразумевается, что все, представленные в качестве аргументов производственной функ-

ции факторы абсолютно необходимы для ведения производства, а при отсутствии хотя бы одного из них, выпуск продукции невозможен, то есть $f(x_1, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) = 0$ для всех $x_i, i \in 1:n$. Данное свойство означает, что технология моделируемого процесса производства такова, что потребление всех факторов, учитываемых в функции в качестве аргументов, обязательно для изготовления продукции. При отсутствии хотя бы одного из них, то есть равенстве нулю значений идентифицирующего его показателя, результативное (ненулевое) производство оказывается невозможным.

Выбор слабой или сильной формы данного постулата при спецификации модели технологии в значительной мере определяется разнообразием типов учитываемых в ней факторов производства. С точки зрения влияния на выпуск продукта среди них выделяют два разных вида. Первый — так называемые «строго» существенные (другое встречающееся название — необходимые или обязательные) факторы, присутствие которых обязательно для нормального ведения производства. Их полное отсутствие или присутствие в объемах, недостаточных для полноценного использования технологии, не позволяет выпускать продукцию с заданными свойствами.

Второй вид составляют факторы (ресурсы), оказывающие, порой весьма значимое, влияние на результат производственной деятельности, но при этом не являющиеся обязательными для рассматриваемого процесса. Технологически ведение производства оказывается возможным в ситуации их отсутствия⁴. В связи с этим такого рода ресурсы (факторы) называют «катализаторами»⁵. Соответственно, если цели предпринимаемого исследования требуют учета в рассматриваемой технологии факторов-катализаторов, то характеризующие их показатели включают в число экзогенных переменных модели. В случае параметрического описания технологии посредством производственной функции такого типа показатели присутствуют в роли аргументов зависимости $y = f(x_1, \dots, x_n)$. В результате наличие переменных, харак-

⁴ Классическим примером такого рода в сельскохозяйственном производстве, в частности в земледелии, является такой ресурс, как минеральные удобрения. Очевидно, что их затраты существенно сказываются на итоговом объеме выпуска при прочих равных условиях и затратах остальных факторов. Однако в отличие от такого существенного для земледелия ресурса, как семена, урожай может быть выращен и без внесения в почву минеральных удобрений, хотя, вероятнее всего, его объем при этом будет ниже. Аналогичные факторы существуют и во многих отраслях промышленного производства, например, металлургии.

⁵ Показатели, характеризующие инновационную деятельность в рассматриваемой макросистеме, как раз и являются переменными, идентифицирующими в производственной функции факторы-катализаторы.

теризующих факторы-катализаторы, приводит к необходимости постулировать свойство существенности в слабой форме.

Поскольку инновационная деятельность для макроэкономической системы выступает в роли фактора-катализатора производства, то при моделировании влияния ее параметров на результирующие показатели производственной деятельности следует выбирать такой вид зависимости, для которого предпосылка АЗ выполнена в слабой форме. Иначе говоря, в данном исследовании представляется обоснованным полагать, что исследуемая технология отвечает предположению о слабой существенности переменных инновационного процесса с точки зрения, оказываемого ими влияния на результат производственной деятельности.

Сложность выявления и оценки влияния инновационного процесса на результаты производственной деятельности на макроэкономическом уровне обусловлены множеством обстоятельств. Прежде всего стоит отметить, что инновационная деятельность сама по себе представляет сложное социально-экономическое явление, многогранное в своих проявлениях, во-первых, и характеризуемое высоким уровнем неопределенности, во-вторых. Поэтому, неслучайно, что на макроэкономическом уровне большинство моделей описывают влияние инновационной деятельности либо посредством диффузионных моделей технологических нововведений, либо посредством моделей экономического автономного технического прогресса, материализованного в тех или иных факторах производства. При этом и в том, и в другом случаях в качестве объясняющей переменной выступает время. В случае диффузионных моделей с ее помощью описывают динамику распространения технологических нововведений, а в моделях экономического роста, основанного на техническом прогрессе — динамику изменения производительности основных факторов производства (труда и капитала) [Solow, 2000]. Причиной тому не только динамический характер описываемых этими моделями процессов, но и огромное разнообразие источников технического прогресса и инноваций, равно как и факторов, определяющих результативность их использования в производственной деятельности рассматриваемой макросистемы.

Другая причина, осложняющая оценку эффективности технического прогресса и/или инновационной деятельности на уровне макросистемы, имеет методологическую природу и кроется в особенности их воздействия на производственную деятельность. Как отмечается в [Gomulka, 1990, с.127] «ключевая проблема любой попытки эмпирической оценки уровня технического прогресса и порождаемого им технологического сдвига на уровне фирм, отраслей и экономик в це-

лом, кроется в том, что нельзя наблюдать их действительные границы производственных возможностей или действительные производственные функции». В частности, речь идет о том, что привносимый научными разработками и материализующими их инновациями технологический прогресс непосредственно проявляется в изменении технологических возможностей рассматриваемой макросистемы. Тем самым, изменяя конфигурацию технологического множества макросистемы, научные исследования и инновации прямо воздействуют на ее технологический потенциал. Однако последний, вообще-то говоря, не наблюдаем и в официальной статистике не отражен адекватной системой показателей. Это тем более справедливо, когда речь идет об описании технологии в терминах высоко агрегированных переменных, коими являются труд и основной капитал.

Соответственно, измерение эффективности ресурсов, затрачиваемых обществом на научные исследования и технологические нововведения, через показатели фактического результата производственной деятельности макросистемы (например, валовый внутренний продукт, рассчитываемый на народнохозяйственном или региональном уровнях) основано на соотношении, которое по сути весьма опосредованно отражает их результативность. Иными словами, для оценки влияния инновационной деятельности используется модель не самой технологии, отражающей возможные сочетания затрат ресурсов и выпусков, а модель так называемой «экономической технологии» [Федотов, 1997, с.9–13]. Данная конструкция описывает не столько производственные возможности рассматриваемой макросистемы, сколько результат их фактического использования. Как отмечается в [Федотов, 2000, с.18] при построении «модели экономической технологии в роли объекта выступает процесс реализации хозяйственной единицей заложенных в инженерной технологии возможностей ведения производственной деятельности. Тем самым существенными факторами здесь оказываются условия внешней среды, внутренняя организация хозяйственной единицы, присущая ей система управления и другие моменты, влияющие на то, как используются имеющиеся возможности производства. Очевидно, что в данном случае модель должна содержать либо большее число переменных, чем порождающее ее описание инженерной технологии, либо каким-то образом учитывать указанные выше аспекты производственной деятельности. Однако во многих эмпирических исследованиях различия между технологическими возможностями и их реализацией со стороны хозяйственной единицы не делается».

В силу указанного обстоятельства первостепенное значение при построении позитивной модели производственного процесса имеет,

во-первых, конкретизация описываемого объекта и постулирование его свойств, и, во-вторых, выбор или конструирование функциональной зависимости, адекватным образом воспроизводящей интересующие исследователя свойства. В частности, сказанное означает, что, если, например, объектом моделирования выступает экономическая технология и она представлена тем же вектором независимых переменных $x=(x_1, \dots, x_n)$, что и при задании инженерной технологии, то для описывающей ее (экономическую технологию) функции $F(x_1, \dots, x_n)$ набор постулируемых свойств может быть отличен от свойств A1–A6, вводимых для производственной функции $f(x_1, \dots, x_n)$. Так, поскольку значением $F(x_1, \dots, x_n)$ служит фактически произведенный объем продукции, а не максимально возможный для рассматриваемого вектора затрат ресурсов, как то имеет место в случае с $f(x_1, \dots, x_n)$, то с содержательной точки зрения для функции $F(x_1, \dots, x_n)$ вполне допустимо невыполнение свойств A1 и A2⁶. Поэтому неслучайно в исследованиях по теории производства, технического прогресса, анализу структурных и технологических сдвигов в экономике, методам измерения эффективности используются разнообразные виды зависимостей, содержательно близкие к производственной функции, но все-таки отличные от нее. Авторы сознательно закрепляют за ними специальные термины, подчеркивая тем самым отличие моделируемых объектов и, как следствие, свойств⁷.

Поэтому задача конструирования зависимости, описывающей технологические сдвиги на макроуровне, может быть эффективно решена не только за счет использования каких-либо стандартных специализированных методов, но и адекватной рассматриваемой проблеме постановки задачи. В своей широко известной российскому читателю работе Э.Янч, ссылаясь на замечание Сигела, называет это правильной «точкой зрения». В частности, говоря о технологическом прогнозировании, он указывает на то, что основанная его часть по состоянию на середину XX века осуществлялась «без явного использования специальных методов... Придерживаться «точки зрения» или

⁶ A1 — монотонное неубывание или возрастание по всем присутствующим в качестве аргументов функции факторам производства; A2 — выпуклость технологии или вогнутость функции, означающую наличие у технологии невозрастающей отдачи от масштаба.

⁷ В частности, такого рода примерами являются *ex ante* и *ex post* производственной функции [Johansen, 1972], агрегированные производственные функции (aggregate production function) [Solow, 2000], мета производственная функция (meta production function) [Boskin, Lau, 1997], суррогатная и псевдо производственная функция (surrogate and pseudo production function) [Baldone, 1984], квази производственная функция (quasi production function) [Федотов, 1997].

общего подхода к проблеме прогнозирования — это значит придать характерную структуру мышлению и «информированному суждению»; это может означать признание качественных или даже количественных соотношений между факторами. Если эти элементы четко определены, они могут быть объединены в простую модель, используемую для отображения частных процессов. Почти любой практический интуитивный прогноз использует в неявной форме один или более итеративных шагов между изыскательским и нормативным подходами, сопоставляемых с «матрицей среды»». [Янч, 1974, с.131]

Моделирование инновационной деятельности в промышленности Санкт-Петербурга

Объектом исследования выступает промышленность Санкт-Петербурга, что обусловлено двумя причинами. Во-первых, промышленность — важнейшая отрасль городской экономики. На ее долю приходится до четверти валового регионального продукта и налоговых поступлений, около 50% выпуска товаров и услуг, в ней занято свыше 20% работающего населения города. На протяжении многих лет вклад промышленности в общий объем платежей в бюджетную систему существенно превышает удельный вес других отраслей экономики [2006.Промышленность, 2006]. Во-вторых, по городской промышленности доступны статистические данные, дающие представление о параметрах осуществляемой инновационной деятельности, что позволяет исследовать интересующую нас взаимосвязь между ними и показателями экономического развития.

Для количественной оценки влияния, оказываемого инновационной деятельностью на производственные результаты промышленности Санкт-Петербурга, были построены эконометрические зависимости, относящиеся к классу макроэкономических производственных функций вида $Y = f(X_1, X_2, X_3)$. Соответственно, через Y обозначен показатель результата производственной деятельности промышленности; X_1 — набор переменных, характеризующих используемые в промышленности фонды; X_2 — переменная, специфицирующая количество задействованного труда; X_3 — набор переменных, которые прямо или косвенно характеризуют инновационный процесс в промышленности Санкт-Петербурга.

В качестве зависимой переменной Y , характеризующей результат производственной деятельности промышленности города в году наблюдения, рассматривались три показателя:

Q — годовой объем произведенной промышленной продукции в стоимостном выражении в сопоставимых ценах ⁸(млн. рублей);

D — годовой объем добавленной стоимости в промышленности города, полученный расчетным путем и выраженный в сопоставимых ценах в млн. рублей

π — годовая производительность труда промышленно-производственного персонала, выраженная в стоимостной форме, исчислена по годовому объему произведенной промышленной продукции, (рублях /чел.).

Значения показателей производительности труда и добавленной стоимости рассчитывались по имеющимся отчетным данным по промышленности Санкт-Петербурга. В частности, при определении значений переменных π и D были использованы показатели: среднегодовой численности промышленно-производственного персонала в тыс. чел. (N); затрат на заработную плату промышленно-производственного персонала с отчислениями на социальные нужды в млн. рублей (T)⁹; массы прибыли, определяемой с использованием уровня рентабельности затрат на производство, отражаемых статистикой; суммы амортизации, определявшейся исходя из доли амортизации в затратах на производство по данным статистики [Промышленность СПб и Лен.области, 2001; Промышленность СПб и Лен.области, 2005].

Величина годового объема добавленной стоимости определялась суммированием следующих величин: затрат на заработную плату промышленно-производственного персонала с отчислениями на социальные нужды, годовой массы прибыли и суммы амортизации.

В качестве независимых (объясняющих) переменных макроэкономической производственной функции рассматривались различные показатели, характеризующие затраты или объемы факторов, задействованных в промышленном производстве города. В частности, для спецификации переменной X_1 , представляющей такой фактор как физический капитал (производственное оборудование) использовались следующие показатели:

F — среднегодовая стоимость основных фондов промышленного назначения, выраженный в млн.рублей в ценах 1999 года;

⁸ Все использующиеся стоимостные величины приведены к сопоставимому виду, для чего их значения рассчитаны в ценах 1999 года — первого года начала эволюционного развития после финансового кризиса 1998 года.

⁹ Рассчитывались, исходя из доли расходов на оплату труда и доли отчислений на социальные нужды в затратах на производство продукции, учитываемых статистикой.

K_2 — объем годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения с лагом в 2 года¹⁰, выраженный в млн.рублей;

V — фондовооруженность промышленно-производственного персонала, исчисленная по среднегодовой стоимости основных фондов промышленного назначения, выраженный в рублях/чел.;

K'_2 — объем годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения (с лагом в 2 года), приходящийся на одного работника промышленно-производственного персонала, выраженный в руб./чел.

В построенных эмпирических зависимостях значения переменной X_2 , представляющей фактор труда, задавалась показателями:

N — среднегодовой численности промышленно-производственного персонала, выраженной в тыс.человек;

T — годового объема затрат на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, выраженный в млн.рублей.

И, наконец, в качестве описывающей инновационный процесс переменной X_3 использовались следующие показатели, полученные на основе официальной статистики отражаемых приняты:

In — годовые затраты предприятий на технологические инновации (термин, принятый в статистике), содержащие расходы на исследования и разработки, приобретение оборудования, связанного с технологическими инновациями, затраты на новые технологии, программные средства, подготовку персонала, прочие на технологические инновации (млн. рублей);

R — годовые затраты научных учреждений на исследования и разработки в регионе в части, направляемой в промышленность (млн. рублей)¹¹;

S_{s2il} — величина годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год)¹², выраженная в млн.рублей;

S'_{s2il} — величина годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год),

¹⁰ По инвестициям в основной капитал принят лаг, равный двум годам, то есть допускается, что в среднем новые объекты могут осваиваться в течение двух лет и в полной мере начнут реализовать свои технологические преимущества на третий год.

¹¹ Определялась экспертами расчетным путем, исходя из отраслевой структуры промышленности и обслуживающих ее исследовательских организаций.

¹² Затраты на исследования и разработки включены в расчеты со средним лагом, равным 2 годам, учитывая время на изготовление образцов техники и освоения их в производстве, а затраты на технологические инновации с лагом в 1 год.

приходящихся на одного работника промышленно-производственного персонала, выраженная в руб./чел.;

In_0 — кумулятивный объем расходов промышленных предприятий на технологические инновации в млн. руб.¹³,

R_0 — кумулятивный объем внутренние текущих расходов на исследования и разработки, направляемые в промышленность Санкт-Петербурга, млн.руб¹⁴.

В данной работе построение эмпирических производственных функций вида $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ осуществлялось на основе данных о значениях указанных выше показателей по промышленности Санкт-Петербурга за период 1995–2004 гг. Оцениванию подлежали альтернативные как по виду функциональной зависимости, так и по набору переменных модели. Для различных сочетаний переменных выпуска ($Y = Q, D, \pi$) и наборов показателей, специфицирующих аргументы X_1, X_2 , и X_3 конструировались производственные функции двух видов, а именно линейная и мультипликативно-степенная (Кобба-Дугласа).

В случае линейной модели $Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3$, (1) оцениванию подлежали следующие коэффициенты:

a_0 — параметр, представляющий собой свободный член линейной зависимости;

a_i — векторы коэффициентов при независимых переменных линейной функции, совпадающие по размерности с соответствующими им X_i ($i = 1, 2, 3$), то есть векторное задание фактора i подразумевает следующее: $a_i X_i = \sum_{j=1}^{m_i} a_i^{(j)} \cdot X_i^{(j)}$, (m_i — число показателей, описывающих

фактор i ; $a_i^{(j)}$ — коэффициент в линейной зависимости при переменной $X_i^{(j)}$, $j \in 1:m_i$; $i = 1, 2, 3$).

В функции Кобба-Дугласа $Y = A \cdot X_1^\alpha \cdot X_2^\beta \cdot X_3^\nu$ (2) определялись значения следующих коэффициентов:

A — параметр функции, представляющий собой масштабирующий мультипликатор (так называемый коэффициент масштаба);

α, β, ν — векторы коэффициентов при независимых переменных функции, совпадающие по размерности с соответствующими им X_i (i

¹³ Рассчитывался суммированием соответствующих годовых затрат, то есть в году t значение кумулятивного объема расходов на технологические инновации In_0^t определялось следующим образом: $In_0^t = \sum_{s=1}^t In^s$, где In^s — расходы на технологические инновации в году s , $s=1, \dots, t$.

¹⁴ Рассчитывался аналогично значению кумулятивного объема расходов на технологические инновации.

$= 1, 2, 3$), то есть векторное задание фактора i подразумевает следующее: $X_i^z = \prod_{j=1}^{m_i} X_{i_j}^{z_j}$, (m_i — число показателей, описывающих фактор i ; z_j — показатель степени при j -ом показателе, характеризующем i -ый фактор, $z = \alpha, \beta, \nu$; $i = 1, 2, 3$).

Очевидно, что фигурирующие в зависимости (1) коэффициенты при переменных представляют собой их предельные производительности (эффективности) факторов, описываемых соответствующими переменными, то есть $a_i^{(j)} = \frac{\partial Y}{\partial X_i^{(j)}}$, $j \in 1:m_i$; $i = 1, 2, 3$. В свою очередь в модели (2) показатели степени при рассматриваемых переменных являются коэффициентами эластичности результирующего производственную деятельность системы показателя по соответствующей переменной.

Учитывая широко известные содержательные недостатки производственных функций (1) и (2), в работе оценивались параметры модифицированной мультипликативно-степенной производственной функции следующего вида¹⁵:

$$Y = C \cdot X_3^\tau \cdot (1 - b^{\frac{F}{X_2}}) \cdot X_2^\mu, \quad (3)$$

где оцениваемыми параметрами являлись: масштабирующий коэффициент C ($C > 0$); коэффициент b ($0 < b < 1$); τ — коэффициенты эластичности зависимой величины по переменной инновационной деятельности; μ — коэффициент эластичности зависимой величины по переменной, отражающей затраты труда.

Расчеты по данной модели осуществлялись для двух результирующих показателей, а именно годового объема произведенной промышленной продукции Q и годового объема добавленной стоимости в промышленности D .

Результаты расчетов и выводы

В процессе исследования были опробованы различные виды функциональных зависимостей одного из указанных выше результирующих показателей производственной деятельности промышленности Санкт-Петербурга от показателей, характеризующих факторы производства и использованных в качестве объясняющих переменных. Построение эмпирических функций осуществлялась на основе

¹⁵ Обоснование данного типа зависимости и содержательную интерпретацию ее свойств см. в [Четыркин, 1986, с.12-21].

массива статистических данных о деятельности промышленности Санкт-Петербурга за период 1995–2004 годов. Используемые при расчетах статистические данные по результативным (зависимым переменным) и факторным показателям (независимым переменным), обработанные вышеуказанными методами, приведены в приложении (таблицы 1 и 2).

Построение регрессионных моделей зависимости результирующих показателей деятельности промышленности Санкт-Петербурга, с одной стороны, и от объемов затрат первичных факторов производства (труда и основных фондов) и показателей затрат, относящихся к инновационной деятельности — с другой, преследовало следующие цели:

- построение адекватной с содержательной точки зрения и статистически значимой модели промышленного производства, идентифицирующей влияние показателей инновационной деятельности на уровне Санкт-Петербурга;
- получение количественных оценок влияния рассматриваемых характеристик (показателей) факторов производства в анализируемом периоде;
- сравнение построенных эмпирических моделей как с содержательной точки зрения, так и с точки зрения их статистических характеристик;
- исследование динамики промышленного производства, выявление особенностей развития промышленности города в период с 1995 по 2004 год;
- анализ выявленных взаимосвязей между параметрами инновационной деятельности и результирующими показателями промышленного производства в Санкт-Петербурге.

Оценка качества регрессионной зависимости по критерию Фишера (статистика Фишера (F)) определялись для 10% уровня вероятности ошибки первого рода (уровня значимости). Надежность оценок параметров определялась по t -статистике на 20% уровне значимости. Использование невысокого уровня значимости статистических характеристик построенных регрессионных зависимостей обусловлен двумя соображениями: (а) сомнениями авторов в точности исходных статистических данных; (б) малым объемом выборки по отношению к числу оцениваемых параметров.

Параметры моделей (1) и (2) оценивались стандартным методом наименьших квадратов. Для оценки параметров модели (3) использовалась двухэтапная процедура поиска решения. Исходя из ограничения на коэффициенты b ($0 < b < 1$) и C ($C > 0$), сначала подбирались их

значения вместе со значениями остальных параметров таким образом, чтобы стандартная ошибка результирующей переменной с этими коэффициентами была минимальной. Затем полученные оценки коэффициентов подставлялись в (3) и оценки параметров при переменных определялись методом наименьших квадратов.

Полученные эмпирические зависимости анализировались как с содержательной, экономической, точки зрения, так и с точки зрения статистических свойств построенных регрессионных моделей. При этом модель «выбраковывалась», если:

- фактор, соответствующий учитываемому в модели показателю (переменной), обнаруживал отрицательную предельную продуктивность;
- оценка параметра (коэффициента), относящегося к объясняющей переменной эмпирической зависимости, оказывалась незначимой;
- значения предельной продуктивности переменной инновационной деятельности или соответствующий ей коэффициент эластичности рассматриваемого результирующего показателя оказывался неоправданно высоким.

Модели объема промышленной продукции

В производственных функциях вида (1), (2) и (3) в роли зависимой переменной выступал показатель годового объема произведенной промышленной продукции в стоимостном выражении в ценах 1999 года (Q). В качестве аргументов в модели в разных сочетаниях использовались следующие показатели:

- среднегодовой стоимости основных фондов промышленного назначения (F);
- объема годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения с лагом в 2 года (K_2);
- среднегодовой численности промышленно-производственного персонала (N);
- годового объема затрат на оплату труда с отчислениями на социальные нужды (T);
- годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год) (S_{s2i1});
- годовых суммарных затрат на исследования и технологические инновации (S);
- кумулятивного объема расходов промышленных предприятий на технологические инновации (In_0);

- кумулятивного объема внутренних текущих расходов на исследования и разработки, в части направляемой в промышленность Санкт-Петербурга (R_0).

В конструируемых зависимостях фактор производства X_2 (труд) был представлен одним из двух показателей (переменной N или T). Соответственно, все эмпирические функции строились в двух разных версиях.

Построенные эмпирические зависимости объема промышленной продукции от затрат основных факторов производства и показателей инновационной деятельности обнаружили следующее:

1. По критерию Фишера практически все регрессионные зависимости оказались значимыми на 5%-ом уровне.
2. Ни один из альтернативных вариантов линейной модели нельзя признать адекватным согласно сформулированным выше критериям «выбраковки» эмпирической зависимости. Все три критерия «неадекватности» встречались практически с одинаковой частотой, что представляется вполне естественным в силу малой содержательности зависимости линейного вида. Можно говорить о том, что эмпирические данные ни статистически, ни содержательно экономически не согласуются с этим классом функциональных зависимостей.
3. Производственная функция Кобба-Дугласа продемонстрировала по сути дела аналогичные результаты. Единственной функцией данного типа, которую с в какой-то мере можно полагать содержательной, оказалась следующая зависимость:

$Q = 0,054 \cdot F^{0,116} \cdot N^{1,472} \cdot In_0^{0,565}$. В данной модели установленный уровень значимости оценок параметров при достигается только для переменных численности работающих (N) и кумулятивных затрат на инновации (In_0). И если низкий уровень значимости оценки масштабирующего коэффициента A не особенно важен (можно полагать, что он равен 1), то значимость оценки коэффициента при F лишь на уровне свыше 50% явно неудовлетворительна. К тому же эластичность объема промышленной продукции по затратам на инновации, равная 0,565 выглядит сильно завышенной. Отметим, однако, что нормирование степеней при аргументах, в результате которого элиминируется возрастающая отдача от масштаба, приводит к значению эластичности выпуска, равному 0,26 ($Q = 0,054 \cdot [F^{0,058} \cdot N^{0,68} \cdot In_0^{0,26}]^{2,15}$). Но и эта цифра выглядит несколько завышенной, что можно объяснить отсутствием учета амортизации затрат на инновации [29, с.13]. При этом об-

ратим внимание на следующий, обнаруживаемый данной функцией факт. Она показывает, что пропорциональное увеличение численности занятых, кумулятивных затрат на инновации и физического капитала обеспечивает возрастающую отдачу главным образом за счет численности работающих и инновационных затрат. Этот результат выглядит совершенно правдоподобно.

4. Наиболее содержательными оказались модели (3). Сразу три из них оказались с хорошими значениями статистических характеристик. Это следующие функции:

$$\text{а) } Q = 9,488 \cdot K_2^{0,263} \cdot (1 - 0,629^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,732};$$

$$\text{б) } Q = 15,33 \cdot In^{0,194} \cdot (1 - 0,629^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,778};$$

$$\text{в)}^{16} Q = 0,13 \cdot K_2^{0,48} \cdot S_{s2il}^{0,78} (1 - 0,521^{\frac{F}{N}}) \cdot N;$$

$$\text{г) } Q = 0,295 \cdot In_0^{0,91} (1 - 0,521^{\frac{F}{N}}) \cdot N.$$

Единственный недостаток данных моделей — неправдоподобно высокое значение коэффициента эластичности объема промышленного производства от переменных, относящихся к блоку инновационных. Далее, приведенные модели свидетельствуют о том, что капиталовложения с двухлетним лагом (K_2) и разные показатели инновационной деятельности конфликтуют между собой в рамках одной зависимости. Использование только одного из них приводит к улучшению статистических характеристик модели, но при этом дает сильно завышенное значение соответствующего коэффициента эластичности выпуска промышленной продукции. Поэтому наиболее предпочтительными в данном случае являются модели а) и б), несмотря на то, что они используют меньшее число объясняющих переменных. Практически совпадающие по силе влияния затрат труда, исчисленных в стоимостной форме, служит определенным подтверждением устойчивости данного зависимостей.

Модели объема добавленной стоимости

В данном случае аналогичным случаем с объемом промышленной продукции оценивались значения коэффициентов производственных

¹⁶ В этой модели оценка параметра при переменной S_{s2il} значима на уже уровне 22%, оценки остальных параметров значимы на принятом 20% уровне.

функций вида (1), (2) и (3). При том же самом наборе переменных в роли зависимой величины выступал показатель годового объема произведенной добавленной стоимости, значения которого были ранее получены расчетным путем в ценах 1999 года (D).

Построенные эмпирические зависимости показателя объема добавленной стоимости от затрат основных факторов производства и показателей инновационной деятельности обнаружили результаты, что и модели объема промышленной продукции, а именно:

1. Высокое значение статистики Фишера было получено практически во всех регрессионных зависимостях, подавляющее большинство из них оказались значимыми на 5%-ом уровне.
2. Ни один из вариантов линейной модели не привел к удовлетворительным в статистическом и экономически содержательным результатам. И здесь приходится говорить о том, что эмпирические данные ни статистически, ни содержательно экономически не согласуются с этим классом функциональных зависимостей.
3. Модель Кобба-Дугласа в случае использования в качестве результирующего показателя добавленной стоимости промышленности также оказалась «недееспособной», обнаружив либо статистически незначимые оценки параметров, характеризующих влияние исследуемых факторов, либо их значения, не согласующиеся с принятой теоретической моделью.
4. Наилучшие результаты вновь оказались полученными по модели (3). По установленным нами критериям адекватности модели

таковой оказалось зависимость $D = 9,3 \cdot K_2^{0,295} \cdot (1 - 0,629^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,583}$.

Ее недостатком является то, что влияние инновационной составляющей здесь представлена косвенно, через показатель (переменную) инвестиций в основные фонды. В остальном же она демонстрирует вполне правдоподобные значения параметров и хорошие статистические свойства. Альтернативной моделью, также демонстрирующей содержательно адекватные значения параметров, оказалась зависимость следующего вида:

$D = 9,02 \cdot K_2^{0,241} \cdot S_{s2il}^{0,117} (1 - 0,2^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,532}$. Однако оценка коэффициента эластичности добавленной стоимости по переменной S_{s2il} оказалась ненадежной (значима лишь при уровне значимости 81%). Это еще раз подтверждает, что переменные S_{s2il} и K_2 являются конкурирующими в рассматриваемых зависимостях и их одновременное использование в рамках одной модели нецелесообразно.

Модели производительности труда

В данном случае оцениванию подлежали значения параметров производственных функций вида (1) и (2). В качестве переменных использовались соответствующие удельные величины: V — фондовооруженность промышленно-производственного персонала, исчисленная по среднегодовой стоимости основных фондов промышленного назначения, выраженный в рублях/чел.; K'_2 — объем годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения (с лагом в 2 года), приходящийся на одного работника промышленно-производственного персонала, выраженный в руб./чел.; S'_{s2il} — величина годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год), приходящихся на одного работника промышленно-производственного персонала, выраженная в руб./чел.; S'_{inl} — затраты на технологические инновации с лагом в один год, приходящиеся на одного работника промышленно-производственного персонала.

Построенные эмпирические зависимости показателя производительности труда от фондовооруженности и удельных показателей инновационной деятельности обнаружили следующие результаты:

1. По критерию Фишера практически все регрессионные зависимости оказались значимыми на 5%-ом уровне.
2. Одна из спецификаций линейной модели оказалась удовлетворительной по своим статистическим характеристикам, а именно зависимость:

$\pi = -101626,87 + 0,586 \cdot V + 31,298 \cdot S'_{s2il}$. Однако, оценка влияния инновационной переменной S'_{s2il} на производительность труда очевидно выглядит завышенной. Аналогичная ситуация имеет место и в случае зависимости, имеющей меньший уровень значимости оценки константы, $\pi = -26522,5 + 0,79 \cdot V + 5,58 \cdot K'_2$. Из линейных моделей производительности статистически наилучшей оказалась зависимость $\pi = -46481,5 + 894,177 \cdot V + 29,4 \cdot S'_{inl}$, хотя и здесь оценка влияния завышенной.

3. В содержательном и статистическом плане модели Кобба-Дугласа оказались предпочтительнее линейных. Сразу ряд зависимостей продемонстрировали статистически надежные оценки всех параметров: а) $\pi = 0,988 V^{0,657} \cdot K_2^{0,447}$; б) $\pi = 2,8 \cdot K_2^{0,388} \cdot S_{s2il}^{0,875}$; в) $\pi = 167,3 \cdot V^{0,817} \cdot S_{inl}^{0,359}$. Содержательно наиболее предпочтительной представляется модель в). Как и в случае моделей объема промышленной продукции и добавленной стоимости удельные показатели капиталовложений оказываются конкурирую-

щими переменными за влияние на уровень производительности труда. Правда в данном случае их совместное использование в рамках модели б) показывает, что сконструированная лаговая переменная удельных затрат на исследования и технологические инновации S'_{s2il} в большей мере сказывается на производительности труда нежели лаговые удельные инвестиции в основные фонды (переменная K'_2).

Приложение

Таблица 1

Динамика результативных показателей

Показатель	Обозначение	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Объем произведенной пром. продукции, млн. руб.	Q	49497	54813	55977	57619	81422	87599	104435	116441	144306	170946
Добавленная стоимость, млн. руб.	D	16527	16680	17003	20652	27162	25358	31220	37240	41267	49395
Производительность труда промышленно-производственного персонала, руб./чел.	π	123280	152768	177705	191999	283601	300924	353897	391398	493354	597087

Таблица 2

Динамика факторных показателей

Показатель	Обозначение	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Основные фонды промышленного назначения, млн. руб.	F	36965	82223	74859	68388	71058	75651	83700	101452	148499	165947
Затраты на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, млн. руб.	T	6964	8641	9372	9189	10294	12602	16208	19081	22191	28026
Среднегодовая численность промышленно-производственного персонала, тыс. чел.	N	401,5	358,8	315,0	300,1	287,1	291,8	295,1	297,5	292,5	286,3
Инвестиции в основной капитал с лагом в 2 года, млн. руб.	K_2	—	—	2596	2967	5383	4381	7941	7382	8870	6778
Затраты на исследования с лагом в 2 года и на инновации – в 1 год, млн. руб.	S_{s2i1}	—	—	1830,1	1917,7	2065,8	1720,5	2641,9	2770,6	2902,8	3258,2
Фондовооруженность промышленно-производственного персонала, руб./чел.	V	92070	229160	237650	227880	247500	259260	283630	341020	507690	579630
Инвестиции в основной капитал с лагом в 2 года, приходящиеся на одного работника промышленно-производственного персонала, руб./чел.	K_2'	—	—	8241	9887	18749	15014	26909	24813	30325	23674
Затраты на исследования с лагом в 2 года и инновации – в 1 год, приходящиеся на одного работника промышленно-производственного персонала, руб./чел.	S'_{s2i1}	—	—	5810	6390	7195	5896	8952	9313	9924	11380

Литература

Бондаренко С.В. 2003. *Сети знаний как инструмент противодействия преступности*. Государство и право (10): 90-91.

Варшавский А.Е. 1984. *Научно-технический прогресс в моделях экономического развития*. М.: Финансы и статистика.

Варшавский А.Е. 2000. *Наукоемкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России*. Экономика современной России (2): 61-83.

Гранберг А.Г. 1985. *Динамические модели народного хозяйства*. М.: Экономика.

Козлов К.К., Соколов Д.Г., Юдаева К.В. 2004. *Инновационная активность российских фирм*. Материалы V международной научной конференции. Государственный университет–Высшая школа экономики при поддержке Всемирного банка, Международного валютного фонда и Фонда «Бюро экономического анализа». Москва. <http://www.hse.ru/ic5/materials.html>

Конкурентоспособность и модернизация экономики. 2004. Материалы V международной научной конференции. Государственный университет–Высшая школа экономики при поддержке Всемирного банка, Международного валютного фонда и Фонда «Бюро экономического анализа». Москва. <http://www.hse.ru/ic5/materials.html>

Кучин Б.П., Якушева Е.В. 1990. *Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость*. М.: Экономика

Макаров В.Л., Варшавский А.Е., Львов Д.С. 2004. *Инновационный менеджмент в России: вопросы стратегического управления и научно-технической безопасности*. М.: Наука.

Матвиенко В.Д., Гуревич А.М. 2000. *Модели эндогенного роста, их развитие и перспективы*. В сборнике научных работ: *Экономические исследования: теория и приложения*. СПб.: Европейский университет в Санкт-Петербурге: 260–295.

Нонака И., Такеучи Х. 2003. *Компания – создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах*. Пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес.

О стратегии развития Российской Федерации в области развития науки и инноваций до 2010 года. 2005. Заседание Правительства Российской Федерации (15 декабря). Федеральное агентство по науке и инновациям <http://www.fasi.gov.ru/news/press-c/432/>

Петрачкова А., Беккер А. 2006. *Мало исследуют*. Ведомости. (13 октября).

Поршнева А.Г. и др. 2006. *Модернизация российской экономики и государственное управление*. М.: Изд-во УРСС.

Промышленность Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Статистический сб. 2001. СПб.: Госкомстат России. Санкт-Петербургский комитет государственной статистики.

Промышленность Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2004 году. Статистический сб. 2005. СПб.: Федеральная служба государственной статистики. Территориальный орган по г.Санкт-Петербургу и Ленинградской области.

Федотов Ю.В. 1997. *Методы и модели построения эмпирических производственных функций*. СПб: Издательство С.Петербургского университета.

Федотов Ю.В. 2000. *Производственные функции: к вопросу о формальном определении и объекте моделирования*. СПб.: Центр управленческих и институциональных исследований, факультет менеджмента С.Петербургского госуниверситета. Серия: Научные доклады (9).

Четыркин Е.М. 1986. *Производительность труда и научно-технический прогресс: опыт разработки производственной функции*. В Четыркина Е.М., Клас А.(ред): *Теория и практика статистического моделирования экономики*. М.: Финансы и статистика: 11–26.

Янч Э. 1974. *Прогнозирование научно-технического прогресса*. М.: Прогресс.

2006. *Промышленность Санкт-Петербурга*. 2006. СПб.: Издательство Алес.

Afuah A. 2003. *Innovation management: strategies, implementation and profits*. 2nd edition. New York, Oxford: Oxford University Press.

Antonelli G., De Liso N (eds). 1997. *Economics of structural and technological change*. London and New York: Routledge.

Baldone S. 1984. *From surrogate to pseudo production functions*. Cambridge Journal of Economics (8): 271–288.

Boskin M.J., Lau L.J. 1997. *Capital, technology and economic growth*. In Rosenberg N., Landau R., Mowery D.C. (eds). *Technology and the wealth of nations*. Stanford, California: Stanford University Press: 17–55.

Chambers R.G. 1988. *Applied production analysis: a dual approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Edquist C. 1997. *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London and Washington: Pinter.

Freeman C. 1988. *Japan: A new national innovation system?* In: G.Dosi, C.Freeman, R.R.Nelson, G.Silverberg and L.Soete (eds.) *Technology and economy theory*. London: Pinter.

Gomulka S. 1990. *The theory of technological change and economic growth*. London, New York: Routledge.

Johansen L. 1972. *Production functions: an intergration of micro and macro, short and long run aspects*. Amsterdam-London: North-Holland.

Lakhwinder S. 2006. *Innovations, high-tech trade and industrial development: theory, evidence and policy*. United Nations University: World Institute for Development Economics Research. Research Paper (27). <http://www.wider.unu.edu/publications/publications.htm>

Lucas R.E. 1988. *On the Mechanics of Economic Development*. Journal of Monetary Economics 22: 3–42.

Lundvall B.Å. 1985. *Product innovation and user-producer interaction, industrial development*. Aalborg: Aalborg University Press. Research Series (31).

Romer P.M. 1986. *Increasing Returns and Long-Run Growth*. Journal of Political Economy **94** : 1002–1037.

Romer P.M. 1993. *Ideas Gaps and Object Gaps in Economic Development*. Journal of Monetary Economics **32**: 543–572.

Romer P.M. 1997. *Beyond Market Failure*. In A.H. Teich, S.D. Nelson, and C. McEnanoy (eds). *AAAS Science and Technology Policy Yearbook*. American Association for the Advancement of Science: Washington DC.

Rosefielde S. (ed.). 1998. *Efficiency and Russia's economic recovery potential to the year 2000 and beyond*. Singapore: Ashgate publishing company.

Shephard R.W. 1974. *Indirect production functions*. Berlin: Verlag Anton Hain. Mathematical Systems in Economics (10).

Solow R.M. 2000. *Growth theory: An exposition*, 2nd edition. New York, Oxford: Oxford University Press.

Sutton J. 1999. *Technology and market structure: theory and history*. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.

Verspagen B. 1992. *Endogenous Innovation in Neo-Classical Growth Models: A Survey*. Journal of Macroeconomics **14**: 631–662.